



HAL
open science

L'IA pour mieux apprendre et apprehender L'IA

Frédéric Alexandre, Marie-Hélène Comte, Aurélie Lagarrigue, Thierry Viéville

► **To cite this version:**

Frédéric Alexandre, Marie-Hélène Comte, Aurélie Lagarrigue, Thierry Viéville. L'IA pour mieux apprendre et apprehender L'IA. Enseigner et apprendre à l'ère de l'intelligence artificielle, pp.96, 2023. hal-04037828

HAL Id: hal-04037828

<https://inria.hal.science/hal-04037828v1>

Submitted on 20 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

6 /// L'IA POUR MIEUX APPRENDRE ET APPREHENDER L'IA

Frédéric Alexandre¹
Marie-Hélène Comte¹
Aurélié Lagarrigue¹
Thierry Viéville^{1 2}

¹ Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique, Équipe Mnémosyne, France

² Laboratoire d'innovation pour le numérique en éducation, Université Côte d'Azur, France

L'IA en éducation peut être abordée depuis trois perspectives parallèles. D'abord, elle peut servir à adapter l'expérience d'apprentissage par la conception d'outils prenant en compte différentes caractéristiques des apprenants ou des traces numériques issues de leur interaction avec des systèmes. Bien utilisés, de tels systèmes pourraient décharger les enseignants de tâches relatives à la transmission des contenus et leur permettre d'intervenir sur des aspects plus complexes de l'apprentissage des élèves. Ensuite, l'IA peut être utilisée comme outil scientifique pour mieux comprendre les phénomènes d'apprentissage humain, par la modélisation de l'apprenant. Finalement, l'IA peut être envisagée depuis la perspective de l'éducation critique à l'IA. Ce chapitre présente succinctement ces trois perspectives qui ne s'excluent pas les unes des autres, mais qui se complètent pour mieux cerner les enjeux de l'IA. Les dernières recherches associant les sciences de l'éducation et les sciences du numérique permettent de comprendre les liens entre l'intelligence artificielle (IA) et l'éducation, y compris leurs limites. Ces recherches nous montrent comment l'IA peut être pensée pour mieux apprendre et développer son esprit critique (Roux et al. 2020 ; Viéville, 2018), pour comprendre l'apprentissage humain lui-même, et enfin comme objet d'enseignement, pour maîtriser de manière éclairée ces outils devenus quotidiens (Viéville et Guitton, 2020).

L'IA comme outil d'apprentissage adaptatif

Tout d'abord, en utilisant des algorithmes, l'apprentissage peut être *adaptatif*. En analysant les traces d'apprentissage de l'élève, comme des résultats à des questionnaires ou des données d'utilisation d'un logiciel, le système peut modifier son fonctionnement pour s'adapter à la personne, notamment à travers la sélection de contenus et du niveau de difficulté. Il commence à être possible d'analyser son comportement grâce à des capteurs, certains externes comme une caméra, et d'autres plus intrusifs comme une interface cerveau-ordinateur. Ce principe d'adaptation est au cœur de la pédagogie numérique, et se rencontre le plus souvent dans un contexte où sont aussi poursuivis des objectifs de ludification ; l'apprenant s'inscrivant alors dans un jeu pédagogique avec la machine, parfois en collaboration avec d'autres apprenants (Giraudon et al., 2020).

Le projet KidLearn²⁵, illustré dans la Figure 15, propose une activité d'apprentissage dont les multiples variantes impliquant additions ou soustractions de nombres entiers ou décimaux ont été conçues et mises en place par des didacticiens. Ces variantes sont organisées sous forme d'un graphe de difficultés croissantes, en respectant le concept de zone proximale de développement (Vygotsky, 1978). Ce concept est fondé sur l'idée que, entre un exercice trop difficile qui décourage et un exercice trop facile qui lasse, il existe une zone optimale qui maximise le progrès d'apprentissage, mesuré ici en observant les performances de l'élève au fil du jeu. Ce sont ces éléments qui sont intégrés à l'algorithme, qui va s'adapter automatiquement à la personne apprenante (Oudeyer et al., 2020).



Figure 15. Le projet Kidlearn se base sur des scénarios d'achats de 1 à 2 objets ou de rendu de monnaie (source : équipe Flowers, Inria)

Si le développement de ces usages reste encore limité²⁶, la recherche scientifique étant toujours en cours, elle offre une étape de réflexion préalable fondamentale, pour comprendre comment fonctionnent l'acquisition et l'appropriation de connaissances. En effet, pour systématiser cette approche adaptative, il faut formaliser les savoirs (connaissances) et savoir-faire (pratiques) à faire apprendre, ce qui oblige à expliciter et structurer les types de tâches et techniques de résolution. Par ailleurs, il faut garder à l'esprit la nécessité de ne pas surcharger l'apprentissage avec des tâches cognitives annexes liées à l'activité elle-même. L'apprentissage adaptatif doit également se faire dans un contexte contraint par les disponibilités du matériel, la formation des personnes, ou les limites à l'usage des écrans.

Les effets positifs de cet apprentissage machine peuvent être nombreux. En tout premier lieu, on observe qu'ils génèrent en général un meilleur engagement de la personne apprenante, car interagir autrement avec les contenus offre une chance supplémentaire de bien les comprendre. En effet, le fait que la difficulté soit adaptée à l'apprenant permet de limiter, voire d'éviter le découragement ou la lassitude. De plus, à la différence de l'humain, la machine ne « juge pas », ce qui peut contribuer à maintenir cet engagement. Pour autant, ce type d'apprentissage peut nécessiter un investissement important pour l'enseignant, si la conception ne prend pas en compte la charge cognitive de l'élève. Il peut aussi induire le risque

25 Des détails et publications relatives au projet KidLearn sont accessibles en ligne, voir <https://flowers.inria.fr/research/kidlearn/>

26 Pour des exemples de projets français permettant de l'apprentissage adaptatif, voir Kwyk (www.kwyk.fr), LeLivreScolaire (www.lelivrescolaire.fr), ou bien Pix (<https://pix.fr/>). Ils utilisent de l'algorithmique de manière intensive, y compris avec quelques algorithmes issus de l'apprentissage automatique, mais pas uniquement.

que l'élève se disperse au lieu de s'investir dans l'apprentissage escompté si l'aspect ludique est prépondérant.

Les outils adaptatifs intégrant des principes considérés comme étant de l'IA doivent permettre aux enseignantes et enseignants de se rendre plus disponibles pour les élèves qui en ont le plus besoin, car la classe est investie dans des activités d'apprentissage autonomes. De même, cela leur permet de se libérer, comme en pédagogie de la classe inversée, d'une partie des transmissions de savoir grâce à ces contenus multimédias autoévalués et à des exercices d'entraînement automatisés, pour se concentrer sur d'autres approches pédagogiques, par exemple fonctionnant par projets. Par rapport à des outils numériques non adaptatifs, c'est-à-dire sans apprentissage automatique, le degré d'apprentissage en autonomie peut être bien plus élevé et s'applique plus largement, avec des parcours complets de développement de compétences. Ces outils répondent par ailleurs à un besoin dans le cadre de situations d'enseignement à distance, et viennent questionner l'organisation du temps de travail scolaire.

Il convient néanmoins de souligner les dérives possibles des usages de ces données : le traçage omniprésent et omnipotent des apprenants, leur catégorisation, la tentation de réduire les effectifs de personnel scolaire, le renforcement des inégalités en lien avec l'illectronisme (Gandon, 2020), d'autant que ces pratiques numériques accroissent le risque d'une intégration aux autres facettes du comportement en ligne, comme les achats, la consultation de vidéos ou les lectures, bref d'un éventuel changement de finalité des traitements.

L'IA comme modèle pour comprendre l'apprentissage humain

La possibilité de collecter et interpréter des traces d'apprentissage pourrait permettre d'améliorer l'apprentissage, si ces traces sont utilisées par l'apprenant ou l'enseignant pour s'autoréguler ou pour la régulation externe par l'enseignant (Romero, 2019). L'usage des traces pourrait permettre aussi de mieux comprendre sur le long terme les modes d'apprentissage humains. Ces traces peuvent être relevées lors de l'utilisation d'un logiciel par la mesure des déplacements de la souris ou des clics réalisés au doigt, des saisies au clavier, ou encore par des capteurs employés dans des situations pédagogiques sans ordinateur ou avec ordinateur (p. ex. caméra, micro, accéléromètre, GPS). On peut ainsi penser à une activité physique dans une cour d'école, observée avec des capteurs visuels ou corporels. Exploiter ces mesures impose alors non seulement de formaliser la tâche d'apprentissage elle-même, mais en plus, de modéliser la tâche et la personne apprenante, non pas dans sa globalité, mais dans le contexte d'une tâche en particulier.

L'usage de traces d'apprentissage dans les environnements numériques d'apprentissage permet de modéliser la tâche d'apprentissage, mais également l'activité de l'apprenant dans la tâche.

Les algorithmes d'apprentissage automatique reposent sur des modèles assez sophistiqués. Ils ne sont pas forcément limités à des mécanismes d'apprentissage supervisés où les réponses s'ajustent à partir d'exemples fournis avec la solution, mais fonctionnent aussi par « renforcement » : le système va inférer les causes permettant d'expliquer les retours positifs

(appelés récompenses²⁷) ou négatifs au cours de l'apprentissage, en construisant un modèle interne de la tâche à effectuer. Ces modèles sont opérationnels, c'est-à-dire qu'ils permettent de créer des algorithmes effectifs qui ajustent leurs paramètres. On peut alors se demander si de tels modèles permettent de modéliser des aspects de l'apprentissage humain. En neurosciences, ces modèles dits computationnels, représentent déjà les processus fonctionnels de notre cerveau sous forme de mécanismes de calculs ou de traitement de l'information au niveau neuronal pour mieux les expliquer.

Ce domaine d'utilisation des sciences informatiques et de l'IA comme outils de formalisation pour modéliser l'apprentissage humain, qu'on pourrait qualifier de « sciences de l'éducation computationnelles » (Romero et al., 2020), n'en est qu'à ses débuts, mais on perçoit déjà le potentiel qu'il peut représenter pour les sciences de l'éducation : c'est pourquoi des recherches sont menées de manière transdisciplinaire avec les sciences du numérique et les neurosciences cognitives afin d'explorer ces potentialités.

L'IA, un enseignement citoyen

Afin de « maîtriser le numérique » au sens de Giraudon et al. (2021) et non uniquement le consommer, il est important d'être initié au fonctionnement scientifique et technique des objets informatiques matériels et logiciels, pour éclairer l'usage de ses applications (Atlan et al., 2019 ; Romero, 2018). L'intégration des technologies dites d'IA dans notre quotidien appelle au développement de l'esprit critique des jeunes (Viéville et Guitton, 2020).

Il est par exemple important de comprendre que, en IA, le résultat du traitement des données par les algorithmes n'est pas lié entièrement à leur programmation. Les fonctions souhaitées ne sont pas implémentées seulement à l'aide d'instructions, mais aussi en fournissant des données à partir desquelles les paramètres sont ajustés pour obtenir le calcul souhaité. Selon le degré d'autonomie des programmes, il peut même y avoir des conséquences imprévues comme cela a été le cas dans des systèmes de robots conversationnels qui ont appris, par des corpus de mauvaise qualité, à produire des commentaires non éthiques sur les médias sociaux. Sur le plan juridique, il importe également de se familiariser avec les implications découlant de l'utilisation d'un « cobot », à savoir d'un mécanisme robotique interagissant avec notre vie quotidienne. On désigne ici un système artificiel, comme une machine médicale qui aurait pour fonction de permettre d'éclairer l'aide à la décision thérapeutique dans des situations de différents degrés d'urgence. Ce contexte médical nous montre combien la chaîne de responsabilité entre conception, construction, installation, paramétrage et utilisation est ici infiniment plus complexe que dans une machine dont le comportement n'est pas partiellement autonome.

La formation à l'IA doit permettre de développer des connaissances et des compétences pour comprendre le fonctionnement de l'IA et pouvoir développer un positionnement citoyen et professionnel sur les potentiels et limites de l'IA.

C'est face à ces enjeux qu'a été créée le MOOC Intelligence artificielle avec intelligence, présenté dans le chapitre 1, afin d'initier de manière citoyenne les éducateurs à l'informatique y compris à propos de comment l'IA peut contribuer à faire développer des compétences

²⁷ Dans l'apprentissage par renforcement, les « récompenses » peuvent être tant positives que négatives. Ainsi, elles ne se limitent pas au positif comme au sens classique du terme d'apprentissage par renforcement en psychologie.

(Alexandre et al., 2022). Des outils pédagogiques existent et continuent de se développer pour initier les apprenants progressivement au fonctionnement de l'IA. La Figure 16 montre ainsi une « machine » minimaliste, développée par Pixees et construite par Snzzur.fr, permettant de stocker des boules bleues, pour les succès, ou rouges, pour les échecs, de chacune des parties. Ainsi, la machine « mémorise » la stratégie gagnante à coup sûr. Tous les plans de construction sont accessibles en libre accès et le jeu peut être reproduit à faible coût avec des outils de base²⁸.

On a pu établir qu'apprendre l'informatique de manière « débranchée », c'est-à-dire en s'extrayant de l'interaction avec la machine pour se concentrer de manière active sur les concepts sous-jacents, permet de mieux comprendre un des mécanismes de fonctionnement de l'IA (dans cet exemple, l'apprentissage par renforcement).



Figure 16. Un exemple d'activité débranchée permettant d'expérimenter un algorithme d'apprentissage par renforcement

Un bouleversement dans notre façon de penser

Dès le début de l'informatique, nous avons vu évoluer notre manière d'apprendre et d'enseigner. Par exemple, faut-il encore apprendre à calculer lorsqu'on peut utiliser une calculatrice ? Cela est sans doute nécessaire pour développer ses capacités cognitives et comprendre une opération arithmétique, mais de fait, nous avons moins besoin de devenir de « bons calculateurs » qu'à l'époque où le calcul mental était la clé pour s'en sortir au quotidien ou dans ses activités professionnelles. Par contre, il nous faudra toujours être entraînés au calcul des ordres de grandeur, pour vérifier qu'il n'y a pas d'erreur quand on a posé le calcul et obtenu le résultat, ou s'assurer que le calcul lui-même est pertinent.

Ces mutations de l'activité humaine se retrouvent au fur et à mesure que nous automatisons des processus qui relèvent de l'intelligence humaine. Finalement, si nous nous contentons d'utiliser des algorithmes d'IA sans chercher à comprendre leurs grands principes de fonctionnement et leurs implications sur notre vie, nous risquons de perdre de l'intelligence individuelle et collective : nous nous en remettons à leurs mécanismes en réfléchissant moins par nous-mêmes, et en développant moins l'esprit critique indispensable à la formation de citoyens autonomes et éclairés. C'est là tout le sens de comprendre comment fonctionne l'IA (Roux et al., 2020). Si nous cherchons à comprendre et à maîtriser ces processus, alors la possibilité de déléguer ce qui est mécanisable dans ce que traite de l'intelligence humaine peut nous offrir la chance de nous libérer consciemment de tâches devenues automatiques afin de consacrer notre intelligence humaine à des objectifs de plus haut niveau, et à considérer des questions humainement plus importantes.

²⁸ Pour accéder aux plans de construction, voir <https://pixees.fr/jouer-au-jeu-des-allumettes-contre-une-machine>.

Ressources complémentaires

Trois projets français utilisant l'IA pour l'apprentissage (Kwyk, LeLivreScolaire et Pix).

www.kwyk.fr

www.lelivrescolaire.fr

<https://pix.fr>

Le projet KidLearn mené par l'équipe Inria Flowers.

<https://flowers.inria.fr/research/kidlearn/>

L'outil pédagogique d'informatique débranchée pour apprendre l'apprentissage par renforcement.

<https://pixees.fr/jouer-au-jeu-des-allumettes-contre-une-machine>.

Références

Alexandre, F., Becker, J., Comte, M. H., Lagarrigue, A., Liblau, R., Romero, M. et Viéville, T. (2021). Why, What and How to help each Citizen to Understand Artificial Intelligence?. *KI-Künstliche Intelligenz*, 35(2), p. 191-199.

Atlan, C., Archambault, J. P., Banus, O., Bardeau, F., Blandeau, A., Cois, A., Courbin, M., Giraudon, G., Lefèvre, S-C., Létard, V., Masse, B., Masegla, F., Ninassi, B., de Quatrebarbes, S., Romero, M., Roy, D. et Viéville, T. (2019). Apprentissage de la pensée informatique : de la formation des enseignant-e-s à la formation de tou-te-s les citoyen-ne-s. *Revue de l'EPI*.

Giraudon, G., Guitton, P., Romero, M., Roy, D. et Viéville, T. (2020). *Éducation et numérique, Défis et enjeux*. Inria.

Oudeyer, P. Y., Clément, B., Roy, D. et Sauzéon, H. (2020). Projet KidLearn : Vers une personnalisation motivante des parcours d'apprentissage. *Bulletin de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle*, p. 51-55.

Romero, M. (2018). Développer la pensée informatique pour démystifier l'intelligence artificielle. *1024 – Bulletin de la société informatique de France*, 12, p. 67-75.

Romero, M. (2019). Analyser les apprentissages à partir des traces. *Distances et médiations des savoirs*, (26).

Romero, M., Alexandre, F., Viéville, T. et Giraudon, G. (2020) LINE - Mnémosyne : Des neurosciences computationnelles aux sciences de l'éducation computationnelles pour la modélisation du cerveau de l'apprenant et du contexte de l'activité d'apprentissage. *Bulletin de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle*, AFIA.

Roux, L., Romero, M., Alexandre, F. et Viéville, T. (2020). Les hauts de Otesia. *Binaire*.

Viéville, T. et Guitton, P. (2020). Quels sont les liens entre IA et Éducation ?. *Binaire*.

Viéville, T. (2019). Mais comment éduquer les garçons à l'équité des genres au niveau informatique et numérique. Éducation à la mixité : Et les garçons ? Un rêve pour les filles et les garçons. *La Science*.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.